

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-077774

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/30

(21)Application number : 10-242281

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.08.1998

(72)Inventor : KOU YOKUTOU

(54) DISTRIBUTED FEEDBACK SEMICONDUCTOR LASER

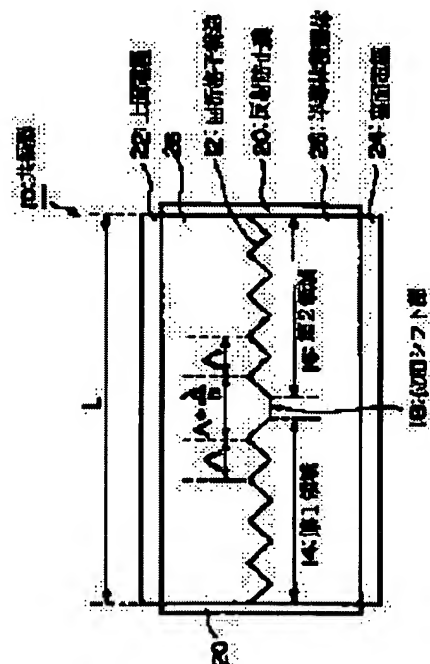
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser that is high in resistance to reflected and returned light.

SOLUTION: A resonator 10 is of diffraction grating structure that is divided into two regions 14 and 16 in the lengthwise direction of the resonator 10.

Furthermore, a phase shifter 18 is provided between the regions 14 and 16.

A phase shift made through the phase shifter 18 is equivalent to π/n (where λ is oscillation wavelength, $n>4$), for instance, $\pi/8$ ($n=8$).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3186705

[Date of registration]

11.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-77774

(P2000-77774A)

(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/30

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

テマコード^{*}(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平10-242281

(22)出願日

平成10年8月27日(1998.8.27)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 黄 翊東

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100086759

弁理士 渡辺 喜平

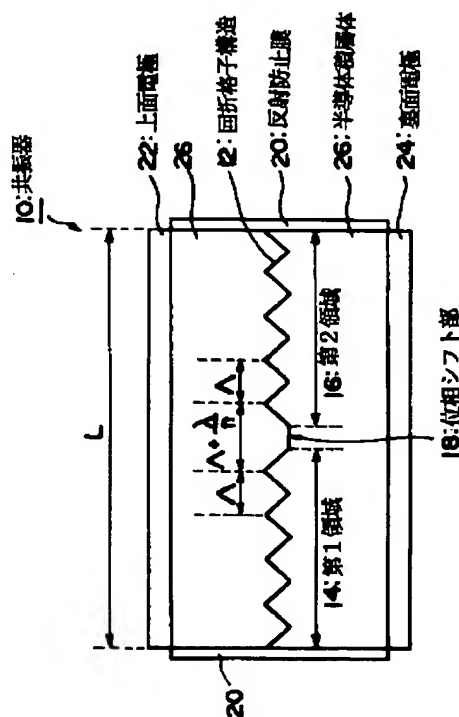
Fターム(参考) 5F073 AA64 AA74 AA83 CA12 EA27
EA29

(54)【発明の名称】 分布帰還型半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 反射戻り光耐性の高い分布帰還型半導体レーザの提供。

【解決手段】 共振器10を構成する回折格子構造12を、共振器長さ方向に沿って二つの領域14および16に分けて設けている。さらに、第1領域14と第2領域16との間に、位相シフト部18を設けている。そして、位相シフト部18における位相シフト量を λ/n (ただし、 λ は発振波長、 $n>4$)、例えば $\lambda/8$ ($n=8$)に相当する量とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振器を構成する回折格子構造を、共振器長さ方向に沿って複数の領域に分けて設け、前記領域どうしの間に、位相シフト部を設け、前記位相シフト部における全位相シフト量を λ/n （ただし、 λ は発振波長、 $n>4$ ）に相当する量としたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記全位相シフト量を、 $\lambda/5\sim\lambda/8$ の範囲内の値に相当する量としたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、全ての前記領域についての前記回折格子構造の平均周期を基準周期とし、前記位相シフト部を前記共振器長さ方向の中央部に設け、当該位相シフト部を挟んで設けられた二つの前記領域のうち、一方の領域における回折格子構造の周期を前記基準周期に対して増加させ、他方の領域における回折格子構造の周期を前記基準周期に対して減少させ、前記位相シフト部から等距離の位置におけるそれぞれの回折格子構造の周期の前記基準周期に対する増加量と減少量とを等しくし、前記全位相シフト量を、前記基準周期に対して λ/n （ただし、 λ は発振波長、 $n>4$ ）に相当する量としたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記回折格子構造の前記領域を二つ設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項5】 請求項4に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記位相シフト部を、前記共振器長さ方向に沿って、中央よりも前端面寄りの位置に設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項6】 請求項1～請求項3のいずれか一つの請求項に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記位相シフト部を複数設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項7】 請求項1～請求項6のいずれか一つの請求項に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記シフト構造として、前記回折格子構造の周期と異なる周期を有するシフト回折格子構造を設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項8】 請求項1～請求項7のいずれか一つの請求項に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記回折格子構造を、光ガイド層に設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項9】 請求項1～請求項7のいずれか一つの請求項に記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、前記回折格子構造として、活性層の光学利得分布が前記共振器長さ方向に沿って周期的に変化する利得結合型回折格子構造を設けたことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、回折格子により光帰還を行う分布帰還型半導体レーザ（以下、「DFBレーザ」とも表記する。）に関し、特に、戻り光誘起雑音を低減することができるDFBレーザに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信用の光源として半導体レーザが用いられている。光源から出射した光の一部分は、光路上の光コネクタなどの光学部品により反射される。反射戻り光が光源の半導体レーザに入射すると、半導体レーザ内部で戻り光誘起雑音が発生する。すなわち、半導体レーザの光出力が変動する。光出力が変動すると、伝送符号に誤りが発生することがある。

【0003】反射戻り光が半導体レーザに入射することを防ぐ方法として、半導体レーザの出射端側に光アイソレータを設けることが考えられる。しかしながら、光アイソレータを設けると、光アイソレータが高価な上、製造工程が煩雑となるため、光源の製造コストが上昇するという問題がある。

【0004】そこで、光アイソレータを用いずに戻り光誘起雑音の発生を抑制することができるDFBレーザが提案されている。そのようなDFBレーザの一例が、文献1：「特開平2-120026号公報」に開示されている。この文献1に開示の技術によれば、回折格子により光帰還を行うDFBレーザを、その共振器長さ方向に沿って二つの領域に分けている。そして、出射端面側の領域を非励起領域とし、残る領域を励起領域（電流注入領域）として、励起領域の上面にのみ電流注入用の電極を設けている。このように構成することにより、非励起領域の回折格子を分布反射器として利用する。その結果、反射戻り光がDFBレーザの活性層に入射することを抑制できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の文献1に開示の技術では、非励起領域の分布反射器の、DFBレーザの出射光に対する反射率と、反射戻り光に対する反射率とは同じである。その結果、分布反射器における反射率を高くすると、非励起領域における光損失も大きくなり、DFBレーザの発振閾値が高くなってしまふ。このため、反射戻り光の活性層への入射を十分に抑制することが困難である。

【0006】本発明は、上記の問題を解決すべくなされたものであり、反射戻り光耐性の高い分布帰還型半導体

レーザの提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この目的の達成を図るため、この出願に係る発明者は、種々の実験および検討を重ねた結果、半導体レーザの光出力に変動が生じた場合に、半導体レーザの離調量が光出力の変動と逆相の変動を示す現象を発見した。なお、離調量 $\delta\beta$ は、下記の

$$\delta\beta = 2n_{eq}\pi\left((1/\lambda) - (1/\lambda_B)\right) \cdots (1)$$

ただし、 n_{eq} は、半導体レーザの活性層の等価屈折率を表し、 λ は、半導体レーザの発振波長を表し、 λ_B は、ブラッグ波長を表す。

【0008】そこで、この発明者は、この離調量が半導体レーザの光出力と逆相で変動する現象を利用して反射戻り光による光出力の変動を抑制すれば、半導体レーザの反射戻り光耐性を向上させることができることに想到した。そして、この発明者は、分布帰還型半導体レーザの離調量の変動による光出力の変動が、反射戻り光に起因する光出力の変動に対して負帰還となる条件を求めて下記の発明をするに至った。

【0009】すなわち、この発明の分布帰還型半導体レーザ（DFBレーザ）によれば、共振器を構成する回折格子構造を、共振器長さ方向に沿って複数の領域に分けて設け、領域どうしの間に、位相シフト部を設け、位相シフト部における全位相シフト量を λ/n （ただし、 λ は発振波長、 $n>4$ ）に相当する量とした構成としてある。

【0010】上述したように、半導体レーザの光出力が変動すると、離調量が光出力の変動と逆位相で変動する。そして、離調量が変動すると、この離調量とともに発振モードを決定する反射鏡損失量も、変動する。反射鏡損失量が変動すれば、半導体レーザの発光強度も変動する。

【0011】そして、反射鏡損失量が増加すると、半導体レーザの光出力は低下する。一方、反射鏡損失量が減少すると、半導体レーザの光出力は増加する。したがって、離調量の変動に対する反射鏡損失量の変動の方向によって、反射戻り光に起因する光出力の変動が増幅される場合と抑制される場合とがある。

【0012】離調量の変動に対する反射鏡損失量の変動の方向は、DFBレーザの回折格子構造に設けられた位相シフト量に依存することが知られている。すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ （ λ は発振波長）に相当する量よりも大きなときは、離調量の減少（増加）に対して、反射鏡損失量も減少（増加）することが知られている。したがって、反射戻り光により半導体レーザの光出力が増加した場合には、離調量が減少して反射鏡損失量も減少する。その結果、半導体レーザの光出力はより増加する。すなわち、反射戻り光による光出力の変動が増幅される。このように、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも大きな

ときは、正帰還の現象が生じる。

【0013】これに対して、位相シフト量が $\lambda/4$ に相当する量よりも小さなときは、離調量の減少（増加）に対して、反射鏡損失量が増加（減少）することが知られている。したがって、反射戻り光により半導体レーザの光出力が増加した場合には、離調量が減少して反射鏡損失量は増加する。その結果、半導体レーザの光出力は減少する方向に変動させられる。すなわち、反射戻り光による光出力の増加が抑制される。このように、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さなときは、負帰還の現象が生じる。

【0014】したがって、位相シフト量を $\lambda/4$ に相当する量よりも小さくすれば、反射戻り光に起因するDFBレーザの光出力の変動を抑制することができる。すなわち、DFBレーザの反射戻り光耐性を向上させることができる。

【0015】また、この発明の実施にあたり、好ましくは、全位相シフト量を、 $\lambda/5 \sim \lambda/8$ の範囲内の値に相当する量とすることが望ましい。

【0016】位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さい負帰還の領域においては、位相シフト量が小さいほど、離調量の変動に対する反射鏡損失量の変動が大きくなる。このため、全位相シフト量を $\lambda/5$ 以下とすれば、離調量の変動に対して、反射鏡損失量の変動を十分な大きさと確保することができる。その結果、反射戻り光に起因する光出力の変動の十分な抑制を図ることができる。

【0017】また、全位相シフト量を $\lambda/8$ 以上とすれば、離調量の変動に対して、反射鏡損失量の変動を一定の量以下にすることができる。その結果、負帰還による光出力の変動量が、反射戻り光に起因する光出力の変動量を大きく上回ることを回避することができる。したがって、全位相シフト量を $\lambda/8$ 以上 $\lambda/5$ 以下の範囲内の値に相当する量とすれば、反射戻り光に起因する光出力の変動を効果的に抑制することができる。

【0018】また、この発明のDFBレーザにおいて、好ましくは、全ての領域の回折格子構造の平均周期を基準周期とし、位相シフト部を共振器長さ方向の中央部に設け、当該位相シフト部を挟んで設けられた二つの領域のうち、一方の領域における回折格子構造の周期を基準周期に対して増加させ、他方の領域における回折格子構造の周期を基準周期に対して減少させ、位相シフト部から等距離の位置におけるそれぞれの回折格子構造の周期の基準周期に対する増加量と減少量とを等しくし、全位相シフト量を、基準周期に対して λ/n （ただし、 λ は発振波長、 $n>4$ ）に相当する量とすることが望ましい。

【0019】DFBレーザの回折格子構造を、このような構成とすれば、位相シフト部における電界集中を緩和して、DFBレーザの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることがで

きるので、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することができる。

【0020】また、この発明の実施にあたり、好ましくは、回折格子構造の領域を二つ設けると良い。このように、回折格子構造の領域を二つ設けた構成とすれば、すなわち、位相シフト部を一箇所設けた構成とすれば、DFBレーザの構成が簡単となる。

【0021】また、この発明のDFBレーザにおいて、好ましくは、位相シフト部を、共振器長さ方向に沿って、中央よりも前端面寄りの位置に設けることが望ましい。このように、位相シフト部を前端面寄りの位置に設ければ、出射端面である前端面付近の電界強度を高くすることができる。このため、レーザの出力効率の向上を図ることができる。

【0022】また、この発明の実施にあたり、位相シフト部を複数設けると良い。このように、位相シフト部を複数設ければ、位相シフト部における電界集中を分散して、DFBレーザの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができるので、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することができる。

【0023】また、この発明のDFBレーザにおいて、好ましくは、シフト構造として、回折格子構造の周期と異なる周期を有するシフト回折格子構造を設けることが望ましい。

【0024】このように、位相シフト部を他の周期の回折格子構造とすれば、位相シフト部の、共振器長さ方向に沿った幅を広く取ることができる。このため、位相シフト部における電界集中を緩和して、DFBレーザの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができるので、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することができる。

【0025】また、この発明のDFBレーザにおいて、好ましくは、回折格子構造を、光ガイド層に設けることが望ましい。

【0026】また、この発明のDFBレーザにおいて、好ましくは、回折格子構造として、活性層の光学利得分布が共振器長さ方向に沿って周期的に変化する利得結合型回折格子構造を設けることが望ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。先ず、図1を参照して、この発明のDFBレーザの実施の形態の一例について説明する。図1は、実施の形態のDFBレーザを説明するための断面模式図である。なお、図1においては、DFBレーザの回折格子構造の上下に形成されている半導体積層体26の構造の図示を省略する。

【0028】この実施の形態のDFBレーザによれば、共振器10を構成する回折格子構造12を、共振器長さ方向に沿って二つの領域14および16に分けて設けて

いる。さらに、第1領域14と第2領域16との間に、位相シフト部18を設けている。そして、位相シフト部18における位相シフト量を λ/n （ただし、 λ は発振波長、 $n>4$ ）、例えば $\lambda/8$ （ $n=8$ ）に相当する量としている。

【0029】ここでは、共振器10の長さを L とし、回折格子構造の周期（ピッチ）を Λ とする。そして、位相シフト部18として、共振器長さ方向に沿った幅が λ/n の平坦面を設けてある。その結果、第1領域14および第2領域16の回折格子のうち、位相シフト部18に直近の回折格子のピークどうしの間隔は $(\Lambda+\lambda/n)$ となっている。

【0030】なお、位相シフト部18には、必ずしも平坦面を設ける必要はなく、例えば、第1領域14と第2領域の16とを隣接させて、両領域の回折格子の位相差を λ/n としても良い。

【0031】また、この共振器10の前端面および後端面には、反射防止膜（AR）20が設けられている。そして、共振器10を挟んで上下に設けられた上面電極22と裏面電極24との間に電圧を印加して、DFBレーザに電流を注入することにより、DFBレーザを発振させる。

【0032】次に、この発明における位相シフト量の条件について説明する。まず、図3に、大信号応答解析により計算した、DFBレーザの光出力と離調量との関係を示す。図3のグラフの横軸は時間（ns）を表し、左側の縦軸は光出力（mW）を表し、右側の縦軸は規格化離調量 $\delta\beta L$ を表す。

【0033】曲線Iに示すように光出力が変動したときの、規格化離調量 $\delta\beta L$ の時間変化を曲線IIに示す。曲線Iと曲線IIとから、規格化離調量は、光出力の変動に対してほぼ逆相で変動することが分かる。すなわち、光出力が増加するときには、規格化離調量が減少し、一方、光出力が減少するときには、規格化離調量が増加することが分かる。

【0034】次に、図2の（A）および（B）に、DFBレーザの発振モードを決める離調量と反射鏡損失との関係を示す。図2の（A）および（B）では、横軸に規格化離調量を取り、縦軸に規格化反射鏡損失をとっている。そして、位相シフト量が $\lambda/4$ に相当するときの規格化離調量は0となる。

【0035】また、反射防止膜20の反射率が0のときは、位相シフトDFBレーザの発振条件は、回折格子の端面での位相に依存しない。そして、発振モードは、図2の（A）および（B）のグラフ中の破線上の点で与えられる。ここでは、破線上のA点、B点およびC点で発振モードを表す。

【0036】ところで、位相シフトDFBレーザに反射戻り光が入射すると、共振器内部の電界が変動する。その結果、レーザの光出力が変動して、キャリア密度およ

10

20

30

40

50

び屈折率が変動する。このため、発振条件（すなわち、離調量および反射鏡損失）が変化して、発振モードが変化する。発振モードの変化にあたっては、図2のグラフ中において、発振モードの点は、破線上を移動する。

【0037】例えば、図2の（A）および（B）に示すように、発振モードのB点は破線上をD点に移動し、同様に、C点はE点に移動する。ただし、図2の（A）では、規格化離調量が減少する場合を示し、図2の（B）では、規格化離調量が増加する場合を示す。

【0038】そして、発振モードの点の移動は、位相シフト量の変化に対応することが知られている。

【0039】次に、反射戻り光の影響で光出力が増加する場合について考察する。光出力が増加すると、図3に示すように、離調量が減少する。そして、離調量が減少すると、図2の（A）に示すように、反射鏡損失が変化する。この反射鏡損失の変化の方向は、離調量によって二通りに別れる。

【0040】まず、規格化離調量が負の場合、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さい場合には、図2の（A）に示すように、規格化離調量が $\Delta\delta\beta L$ だけ減少すると、規格化反射鏡損失が $\Delta\alpha mL$ だけ増加する。反射鏡損失が増加すると、光出力が減少することになる。したがって、この場合には、反射戻り光に起因する光出力の増加に対して、光出力を減少させようとする負帰還の現象が生じる。すなわち、光出力の変動を抑制することができる。

【0041】これに対して、規格化離調量が正の場合、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも大きい場合には、規格化離調量が $\Delta\delta\beta L$ だけ減少すると、規格化反射鏡損失も $\Delta\alpha mL$ だけ減少する。反射鏡損失が減少すると、光出力が増加することになる。したがって、この場合には、反射戻り光に起因する光出力の増加に対して、光出力をさらに増加させようとする正帰還の現象が生じる。すなわち、光出力の変動が助長される。

【0042】次に、反射戻り光の影響で光出力が減少する場合について考察する。光出力が減少すると、図3に示すように、離調量が増加する。そして、離調量が増加すると、図2の（B）に示すように、反射鏡損失が変化する。この反射鏡損失の変化の方向は、離調量によって二通りに別れる。

【0043】まず、規格化離調量が負の場合、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さい場合には、図2の（B）に示すように、規格化離調量が $\Delta\delta\beta L$ だけ増加すると、規格化反射鏡損失が $\Delta\alpha mL$ だけ減少する。反射鏡損失が減少すると、光出力が増加することになる。したがって、この場合には、反射戻り光に起因する光出力の減少に対して、光出力を増加させようとする負帰還の現象が生じる。すなわち、光出力の変動を抑制することができる。

【0044】これに対して、規格化離調量が正の場合、

すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも大きい場合には、規格化離調量が $\Delta\delta\beta L$ だけ増加すると、規格化反射鏡損失も $\Delta\alpha mL$ だけ増加する。反射鏡損失が増加すると、光出力が減少することになる。したがって、この場合には、反射戻り光に起因する光出力の減少に対して、光出力をさらに減少させようとする正帰還の現象が生じる。すなわち、光出力の変動が助長される。

【0045】以上の考察から、規格化離調量が負の場合、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さい場合には、負帰還の現象が生じて、反射戻り光に起因する光出力の変動を抑制できることが分かる。すなわち、DFBレーザの位相シフト量を上記の条件とすることにより、DFBレーザの反射戻り光耐性を向上させられることが分かる。

【0046】次に、共振器の両端面の反射率がゼロでない場合について考察する。この場合、位相シフトDFBレーザの発振条件は、回折格子の端面での位相に依存する。ここで、図4に、離調量と反射鏡損失との関係を大信号応答解析により計算した結果を示す。図4のグラフの横軸は規格化離調量を表し、縦軸は規格化反射鏡損失を表す。計算にあたっては、各端面での位相を、それぞれ $\pi/4$ 刻みの8つの位相（すなわち、0、 $\pi/4$ 、 $\pi/2$ 、 $3\pi/4$ 、 π 、 $5\pi/4$ 、 $3\pi/4$ および $7\pi/4$ ）のうちのいずれか一つとした場合の、 $8 \times 8 = 64$ 通りの端面位相の組み合わせの場合について計算した。そして、図4中の各プロットは、それぞれの端面位相の組み合わせにおける発振モードに対応する。図4中のプロットの分布も、図2に示した破線に沿っていることが分かる。

【0047】そして、端面反射率が0でない場合も、規格化離調量 $\delta\beta L$ が負のとき、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さいときには、端面の反射率が0の場合と同様に、負帰還の現象が生じる。例えば、反射戻り光に起因して光出力が増加（減少）して離調量が減少（増加）すると、反射鏡損失が増加（減少）して光出力を減少（増加）させる負帰還の現象が生じる。

【0048】これに対して、規格化離調量 $\delta\beta L$ が正のとき、すなわち、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも大きいときには、端面の反射率が0の場合と同様に、正帰還の現象が生じる。例えば、反射戻り光に起因して光出力が増加（減少）して離調量が減少（増加）すると、反射鏡損失も減少（増加）して光出力をさらに増加（減少）させる正帰還の現象が生じる。

【0049】したがって、端面の反射率に関わらず、また、端面での位相に関わらず、位相シフト量が $\lambda/4$ よりも小さいときには、負帰還の現象が生じて、光出力の変動を抑制できることが分かる。

【0050】

【実施例】次に、実施例により、本発明をさらに詳細に説明する。なお、参照する図面は、この発明が理解でき

10

20

30

40

50

る程度に各構成成分の大きさ、形状および配置関係を概略的に示してあるに過ぎない。したがって、この発明は図示例にのみ限定されるものではない。

【0051】〔実施例1〕先ず、図5を参照して、実施例1のDFBレーザについて説明する。図5の(A)は、実施例1のDFBレーザの切欠き斜視図である。また、図5の(B)は、実施例1のDFBレーザの共振器長さ方向に沿った断面図である。

【0052】図5に示すように、このDFBレーザ30は、共振器長が250 μm で、InPの半導体基板32上に、厚さ0.1 μm のInGaAsPの光ガイド層34、厚さ0.2 μm の多重量子井戸構造の活性層36、厚さ3 μm のInGaAsPのクラッド層38を順次に積層した構成を有する。また、これらの各層は、例えば、周知のエピタキシャル成長方法により形成することができる。

【0053】また、光ガイド層34、活性層36およびクラッド層38の両側には、電流ブロック層42が形成されている。そして、クラッド層38上および電流ブロック層42上には、厚さ3 μm のInPのキャップ層44が形成されている。さらに、キャップ層44上には、上面電極46が形成されており、一方、半導体基板32の裏面には、裏面電極48が形成されている。また、両端面には、無反射コーティングが施されている。

【0054】そして、光ガイド層34には、回折格子構造40が形成されている。すなわち、光ガイド層34と半導体基板32との界面が回折格子構造40となっている。この回折格子構造40の周期は $\Lambda=202.7\text{nm}$ であり、そのエッチングの深さは、0.03 μm である。このため、分布帰還結合係数 κ は、約70/cmとなる。

【0055】そして、共振器を構成するこの回折格子構造40は、共振器長さ方向に沿った中央に設けられた平坦な位相シフト部60によって、第1領域56および第2領域58の二つの領域に分けられている。この位相シフト部60の幅は、 $\lambda/8$ ($n=8$) としてある。このため、この実施例では、位相シフト部に60において $\lambda/8$ に相当する量の位相がシフトする。

【0056】なお、図5の(A)においては、位相シフト部60の図示を省略している。回折格子構造40および位相シフト部60の構造は、周知の電子ビーム露光法および周知のリソグラフィ技術を用いて形成することができる。

【0057】このように、このDFBレーザ30には、 $\lambda/8$ の位相シフト部60を設けてあるので、反射戻り光に起因した光出力を抑制することができる。すなわち、反射戻り光耐性を向上させることができる。

【0058】〔実施例2〕次に、図6を参照して、実施例2のDFBレーザについて説明する。図6の(A)は、実施例2のDFBレーザの切欠き斜視図である。ま

た、図6の(B)は、実施例2のDFBレーザの共振器長さ方向に沿った断面図である。

【0059】図6に示すように、このDFBレーザ30は、共振器長が250 μm で、InPの半導体基板32上に、厚さ1 μm のInGaAsPの第1クラッド層52、厚さ0.1 μm の多重量子井戸構造の活性層36、厚さ0.05 μm のInGaAsPの光ガイド層34、厚さ2 μm のInGaAsPの第2クラッド層38を順次に積層した構成を有する。また、これらの各層は、例えば、周知のエピタキシャル成長方法により形成することができる。

【0060】また、第1クラッド層52、活性層36、光ガイド層34および第2クラッド層38の両側には、電流ブロック層42が形成されている。そして、第2クラッド層38上および電流ブロック層42上には、厚さ3 μm のInPのキャップ層44が形成されている。さらに、キャップ層44上には、上面電極46が形成されており、一方、半導体基板32の裏面には、裏面電極48が形成されている。また、両端面には、無反射コーティングが施されている。

【0061】そして、活性層36には、利得結合型回折格子構造54が形成されている。すなわち、第1クラッド層52から第2クラッド層38に達する回折格子が形成されている。このように構成してあるので、活性層36の光学利得分布は、共振器長さ方向に沿って、周期的に変化している。この回折格子構造54の周期は $\Lambda=202.7\text{nm}$ であり、そのエッチングの深さは、0.15 μm である。このため、分布帰還結合係数 κ は、約70/cmとなる。

【0062】そして、共振器を構成するこの回折格子構造54は、共振器長さ方向に沿った中央に設けられた平坦な位相シフト部60によって、第1領域56および第2領域58の二つの領域に分けられている。そして、この位相シフト部60の幅は $\lambda/8$ ($n=8$) としてある。このため、この実施例では、位相シフト部に60において $\lambda/8$ に相当する量の位相がシフトしている。

【0063】なお、図6の(A)においては、位相シフト部60の図示を省略している。回折格子構造54および位相シフト部60の構造は、周知の電子ビーム露光法および周知のリソグラフィ技術を用いて形成することができる。

【0064】このように、このDFBレーザ50には、 $\lambda/8$ の位相シフト部60を設けてあるので、反射戻り光に起因した光出力を抑制することができる。すなわち、反射戻り光耐性を向上させることができる。

【0065】〔実施例3〕次に、図7を参照して、実施例3のDFBレーザについて説明する。図7は、実施例3のDFBレーザの断面図である。実施例3のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例1と同一である。このため、実施例1と同一構成成分には同一

の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0066】実施例3のDFBレーザ30aにおいては、 $\lambda/8$ ($n=8$)の位相シフト部60を、共振器長さ方向に沿って、中央よりも前端面62寄りの位置に設けている。そして、この位相シフト部60によって、回折格子構造40を、第1領域56aと第2領域58aとに分けている。また、第1領域56aおよび第2領域58aにおける回折格子構造40の周期 Λ は、実施例1と同じ202.7nmである。

【0067】このように、実施例3においては、位相シフト部60を前端面62寄りの位置に設けたので、出射端面である前端面62付近の電界強度を高くすることができる。したがって、実施例3のDFBレーザ30aにおいては、反射戻り光耐性の向上だけでなく、レーザの出力効率の向上も図ることができる。

【0068】[実施例4]次に、図8を参照して、実施例4のDFBレーザについて説明する。図8は、実施例4のDFBレーザの断面図である。実施例4のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例2と同一である。このため、実施例2と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0069】実施例4のDFBレーザ50aにおいては、 $\lambda/8$ ($n=8$)の位相シフト部60を、共振器長さ方向に沿って、中央よりも前端面62寄りの位置に設けている。そして、この位相シフト部60によって、回折格子構造54を、第1領域56aと第2領域58aとに分けている。また、第1領域56aおよび第2領域58aにおける利得結合型回折格子構造54の周期 Λ は、実施例2と同じ202.7nmである。

【0070】このように、実施例4では、位相シフト部60を前端面62寄りの位置に設ければ、出射端面である前端面62付近の電界強度を高くすることができる。したがって、実施例3のDFBレーザ30aにおいては、反射戻り光耐性の向上だけでなく、レーザの出力効率の向上も図ることができる。

【0071】[実施例5]次に、図9を参照して、実施例5のDFBレーザについて説明する。図9は、実施例5のDFBレーザの断面図である。実施例5のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例1と同一である。このため、実施例1と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0072】実施例5のDFBレーザ30bにおいては、位相シフト部を3つ設けている。すなわち、回折格子構造40を4つの領域に分けている。第1領域64と第2領域66との間に、 λ/n_1 の第1位相シフト部72を設けてある。また、第2領域66と第3領域68との間に、 λ/n_2 の第2位相シフト部74を設けてある。また、第3領域68と第4領域70との間に、 λ/n_3 の第3位相シフト部76を設けてある。

【0073】そして、実施例5では、各位相シフト部7

2、74および76の位相シフト量の合計である全位相シフト量 ($\lambda/n_1 + \lambda/n_2 + \lambda/n_3$) の値を $\lambda/8$ としている。また、各領域64、66、68および70における回折格子構造40の周期 Λ は、実施例1と同じ202.7nmである。

【0074】このように、実施例5では、位相シフト部を複数設ければ、位相シフト部における電界集中を分散して、DFBレーザ30bの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例5のDFBレーザ30bにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0075】[実施例6]次に、図10を参照して、実施例6のDFBレーザについて説明する。図10は、実施例6のDFBレーザの断面図である。実施例6のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例2と同一である。このため、実施例2と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0076】実施例6のDFBレーザ50bにおいては、位相シフト部を3つ設けている。すなわち、回折格子構造54を4つの領域に分けている。第1領域64と第2領域66との間に、 λ/n_1 の第1位相シフト部72を設けてある。また、第2領域66と第3領域68との間に、 λ/n_2 の第2位相シフト部74を設けてある。また、第3領域68と第4領域70との間に、 λ/n_3 の第3位相シフト部76を設けてある。

【0077】そして、実施例6では、各位相シフト部72、74および76の位相シフト量の合計である全位相シフト量 ($\lambda/n_1 + \lambda/n_2 + \lambda/n_3$) の値を $\lambda/8$ としている。また、各領域64、66、68および70における回折格子構造54の周期 Λ は、実施例2と同じ202.7nmである。

【0078】このように、位相シフト部を複数設ければ、位相シフト部における電界集中を分散して、DFBレーザ30bの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例6のDFBレーザ30aにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0079】[実施例7]次に、図11を参照して、実施例7のDFBレーザについて説明する。図11の

(A)は、実施例7のDFBレーザの断面図である。また、図11の(B)は、DFBレーザの回折格子の周期の増減量を説明するためのグラフである。なお、実施例7のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例1と同一である。このため、実施例1と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

10

20

30

40

50

【0080】実施例7のDFBレーザ30cにおいては、共振器長さ方向の中央部に、 $\lambda/8$ ($n=8$) の位相シフト部60を設けている。そして、この位相シフト部60を挟んで、回折格子構造40aを第1領域78と第2領域80とに分けている。

【0081】このDFBレーザにおいては、第1および第2領域78および80の回折格子構造40aの平均周期を基準周期とする。そして、図11の(B)のグラフ中の直線IIIaに示すように、第1領域78における回折格子構造40aの周期を基準周期に対して増加させる。一方、図11の(B)のグラフ中の直線IIIbに示すように、第2領域における回折格子構造40aの周期を基準周期に対して減少させる。

【0082】そして、曲線IIIaおよび曲線IIIbに示すように、位相シフト部60から等距離の位置におけるそれぞれの回折格子構造の周期の、基準周期に対する増加量と減少量とを等しくしている。そして、位相シフト部60の位相シフト量を、基準周期に対して $\lambda/8$ ($n=8$) に相当する量としている。

【0083】回折格子構造40aを、このような構成とすれば、位相シフト部における電界集中を緩和して、DFBレーザの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例7のDFBレーザ30cにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0084】なお、基準周期に対する周期増加量および周期減少量は、その値が負となっても良い。また、周期の増減は、位相シフト部60からの距離に対して、必ずしも直線的である必要はない。

【0085】[実施例8] 次に、図12を参照して、実施例8のDFBレーザについて説明する。図12の

(A)は、実施例8のDFBレーザの断面図である。また、図12の(B)は、DFBレーザの回折格子の周期の増減量を説明するためのグラフである。なお、実施例8のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例2と同一である。このため、実施例2と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0086】実施例8のDFBレーザ50cにおいては、共振器長さ方向の中央部に、 $\lambda/8$ ($n=8$) の位相シフト部60を設けている。そして、この位相シフト部60を挟んで、回折格子構造54aを第1領域78と第2領域80とに分けている。

【0087】このDFBレーザにおいては、第1および第2領域78および80の回折格子構造54aの平均周期を基準周期とする。そして、図12の(B)のグラフ中の直線IVaに示すように、第1領域78における回折格子構造40aの周期を基準周期に対して増加させる。一方、図12の(B)のグラフ中の直線IVbに示すよう

に、第2領域における回折格子構造54aの周期を基準周期に対して減少させる。

【0088】そして、曲線IVaおよび曲線IVbに示すように、位相シフト部60から等距離の位置におけるそれぞれの回折格子構造の周期の、基準周期に対する増加量と減少量とを等しくしている。そして、位相シフト部60の位相シフト量を、基準周期に対して $\lambda/8$ ($n=8$) に相当する量としている。

【0089】回折格子構造54aを、このような構成とすれば、位相シフト部における電界集中を緩和して、DFBレーザの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例8のDFBレーザ50cにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0090】なお、基準周期に対する周期増加量および周期減少量は、その値が負となっても良い。また、周期の増減は、位相シフト部60からの距離に対して、必ずしも直線的である必要はない。

【0091】[実施例9] 次に、図13を参照して、実施例9のDFBレーザについて説明する。図13は、実施例9のDFBレーザの断面図である。実施例9のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例1と同一である。このため、実施例1と同一構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0092】実施例9のDFBレーザ30dにおいては、位相シフト部60aを、共振器長さ方向に沿って中央部に設けている。この位相シフト部60aによって、回折格子構造40は、第1領域56bと第2領域58bとに分けられている。そして、位相シフト部60aには、第1および第2領域56bおよび58bにおける回折格子の周期 Λ_1 と異なる周期 Λ_2 を有する回折格子が設けられてる。この位相シフト部60aの回折格子において、 $\lambda/8$ ($n=8$) に相当する位相シフト量 $\Delta\phi$ だけ位相がシフトする。

【0093】このように、実施例9によれば、位相シフト部60aを他の周期の回折格子構造としたので、位相シフト部60aの、共振器長さ方向に沿った幅を広く取ることができる。このため、位相シフト部60aにおける電界集中を緩和して、DFBレーザ30dの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例9のDFBレーザ30dにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0094】[実施例10] 次に、図14を参照して、実施例10のDFBレーザについて説明する。図14は、実施例10のDFBレーザの断面図である。実施例10のDFBレーザの構造は、回折格子構造を除いては、実施例2と同一である。このため、実施例2と同一

構成成分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0095】実施例10のDFBレーザ50dにおいては、の位相シフト部60aを、共振器長さ方向に沿って中央部に設けている。この位相シフト部60aによって、回折格子構造40は、第1領域56bと第2領域58bとに分けられている。そして、位相シフト部60aには、第1および第2領域56bおよび58bにおける回折格子の周期 Λ_1 と異なる周期 Λ_2 を有する回折格子が設けられてる。この位相シフト部60aの回折格子において、 $\lambda/8$ ($n=8$) に相当する位相シフト量 $\Delta\Phi$ だけ位相がシフトする。

【0096】このように、実施例10によれば、位相シフト部60aを他の周期の回折格子構造としたので、位相シフト部60aの、共振器長さ方向に沿った幅を広く取ることができる。このため、位相シフト部60aにおける電界集中を緩和して、DFBレーザ50dの内部電界の均一化を図ることができる。その結果、キャリア分布の均一化を図ることができる。したがって、実施例10のDFBレーザ50dにおいては、反射戻り耐性を向上させることができるだけでなく、空間的ホール・バーニングの発生を抑制することもできる。

【0097】上述した実施例においては、この発明を特定の条件で構成した例について説明したが、この発明は、種々の変更を行うことができる。例えば、上述した実施例においては、位相シフト量を $\lambda/8$ ($n=8$) とした例について説明したが、この発明では、位相シフト量は、 $\lambda/4$ より小さな値ならば良く、これに限定されない。

【0098】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、この発明によれば、位相シフト量を $\lambda/4$ に相当する量よりも小さくしてあるので、反射戻り光に起因するDFBレーザの光出力の変動を抑制することができる。すなわち、DFBレーザの反射戻り光耐性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態のDFBレーザの共振器の構成を説明するための断面模式図である。

【図2】(A) および (B) は、規格化離調量と規格化反射鏡損失との関係を説明するためのグラフである。

【図3】DFBレーザの光出力の変動と、離調量の変動

との関係を説明するためのグラフである。

【図4】規格化離調量と反射鏡損失との関係の計算結果を示すグラフである。

【図5】(A) は、実施例1のDFBレーザの切欠き斜視図であり、(B) は、断面図である。

【図6】(A) は、実施例2のDFBレーザの切欠き斜視図であり、(B) は、断面図である。

【図7】実施例3のDFBレーザの断面図である。

【図8】実施例4のDFBレーザの断面図である。

【図9】実施例5のDFBレーザの断面図である。

【図10】実施例6のDFBレーザの断面図である。

【図11】実施例7のDFBレーザの断面図である。

【図12】実施例8のDFBレーザの断面図である。

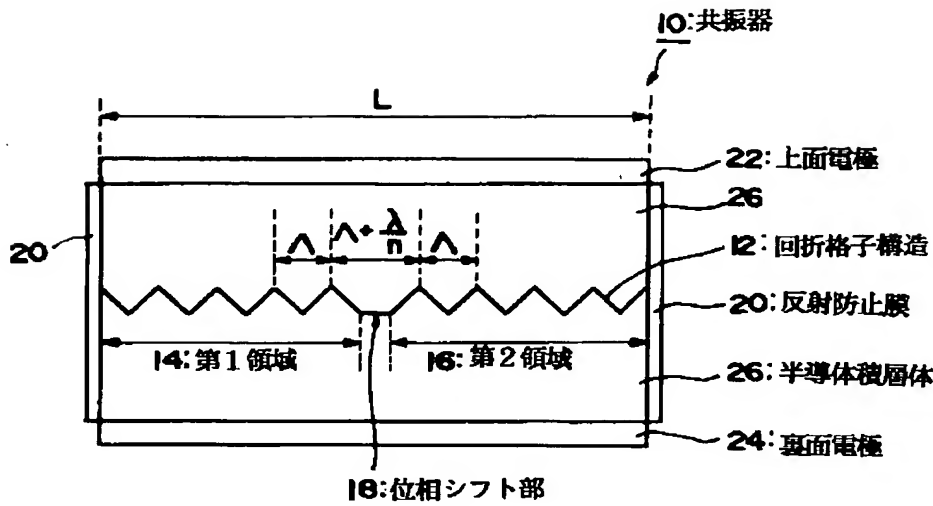
【図13】実施例9のDFBレーザの断面図である。

【図14】実施例10のDFBレーザの断面図である。

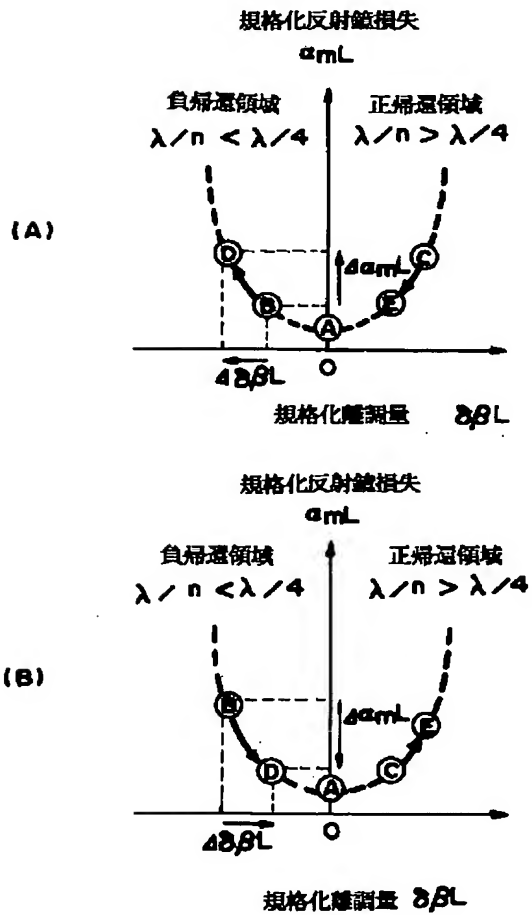
【符号の説明】

- 10 共振器
- 12 回折格子構造
- 14 第1領域
- 16 第2領域
- 18 位相シフト部
- 20 反射防止膜
- 22 上面電極
- 24 裏面電極
- 26 半導体積層体
- 30、30a、30b、30c、30d DFBレーザ
- 32 半導体基板
- 34 光ガイド層
- 36 活性層
- 38 クラッド層、第2クラッド層
- 40 回折格子構造
- 42 電流ブロック層
- 44 キャップ層
- 46 上面電極
- 48 裏面電極
- 50、50a、50b、50c、50d DFBレーザ
- 52 第1クラッド層
- 54 利得結合型回折格子構造
- 56、56a、56b 第1領域
- 58、56a、56b 第2領域
- 60、60a 位相シフト部
- 62 前端面

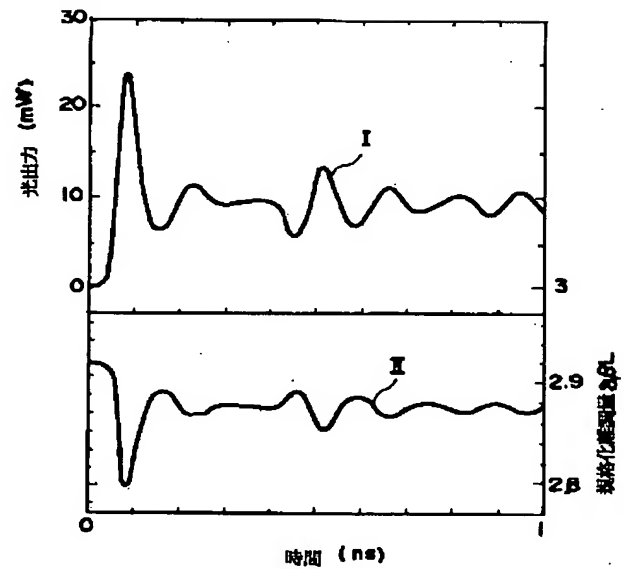
【図1】



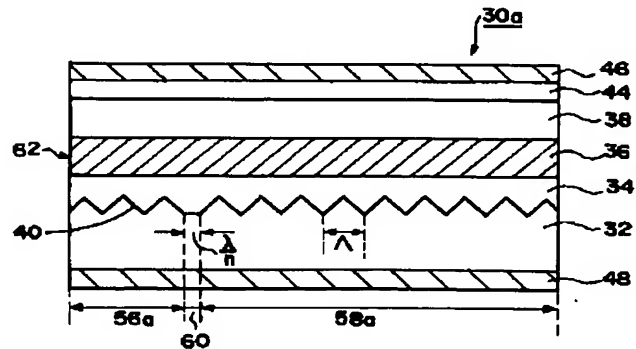
【図2】



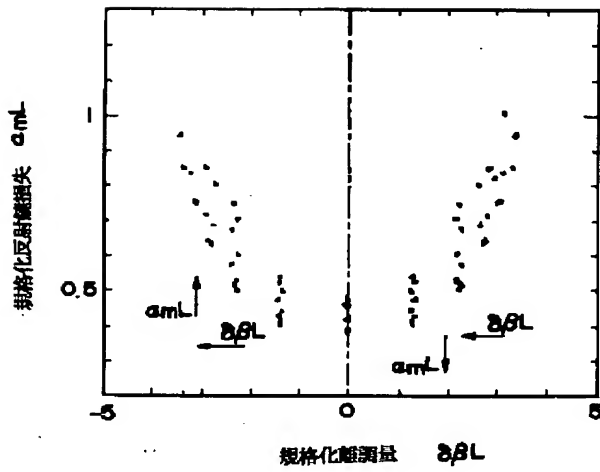
【図3】



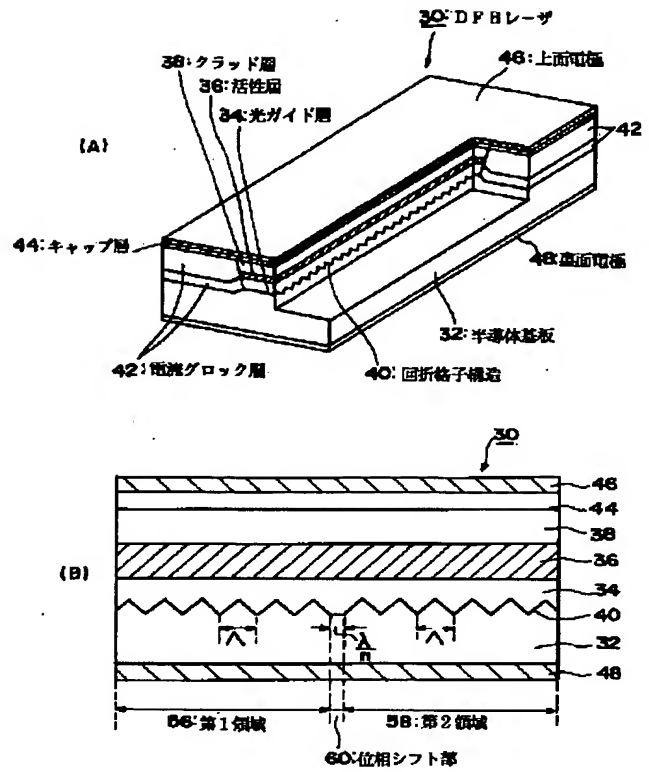
【図7】



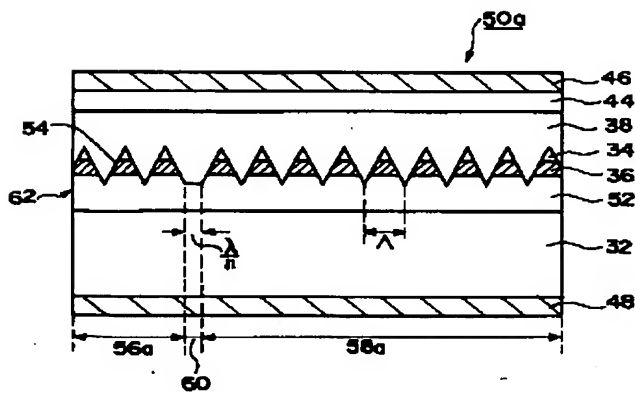
【図4】



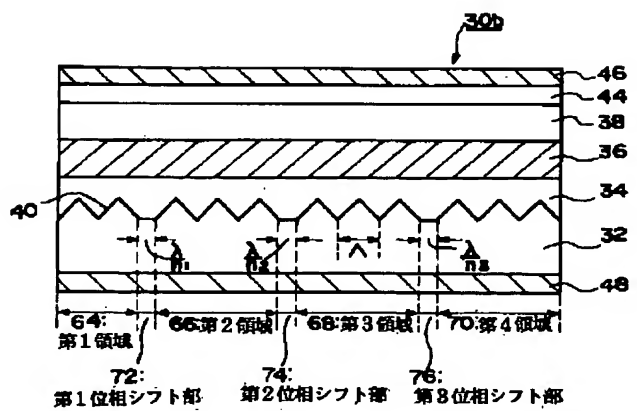
【図5】



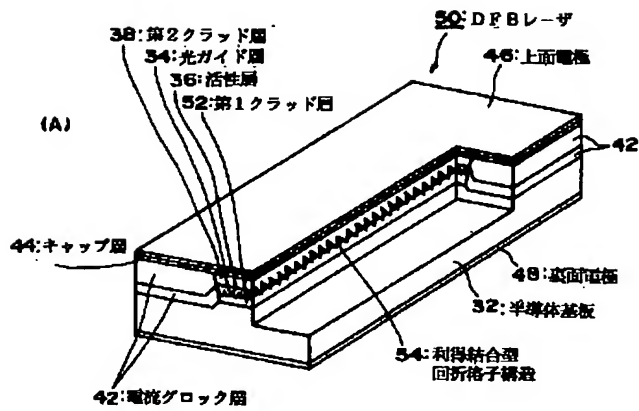
【図8】



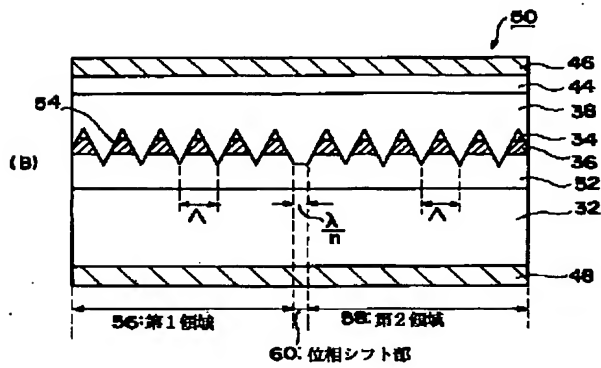
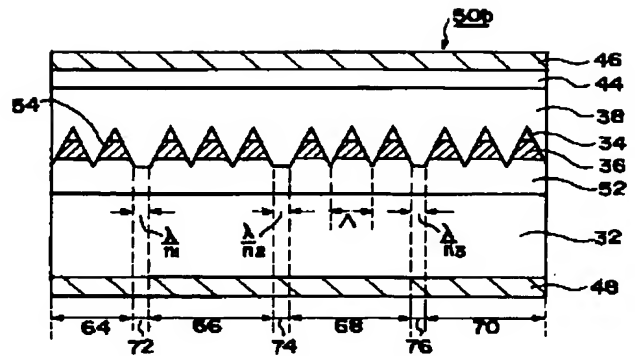
【図9】



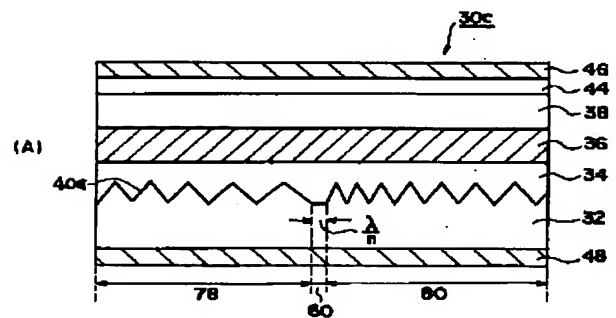
【図6】



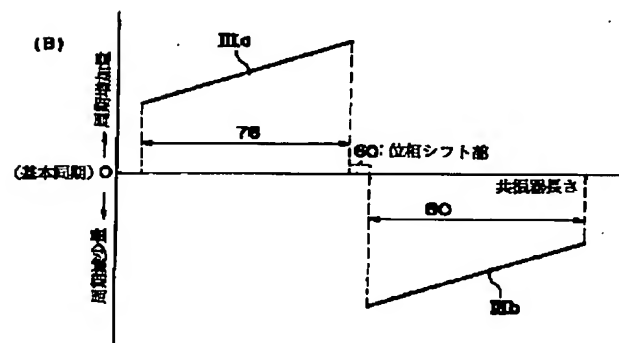
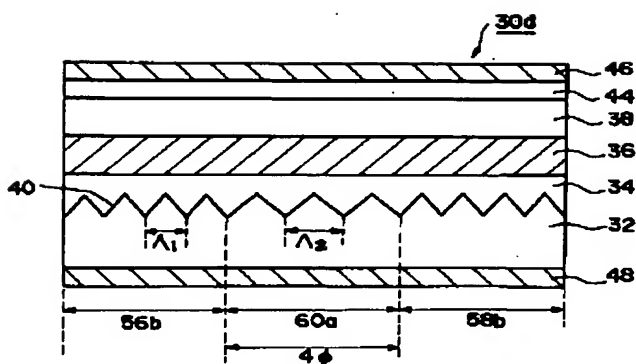
【図10】



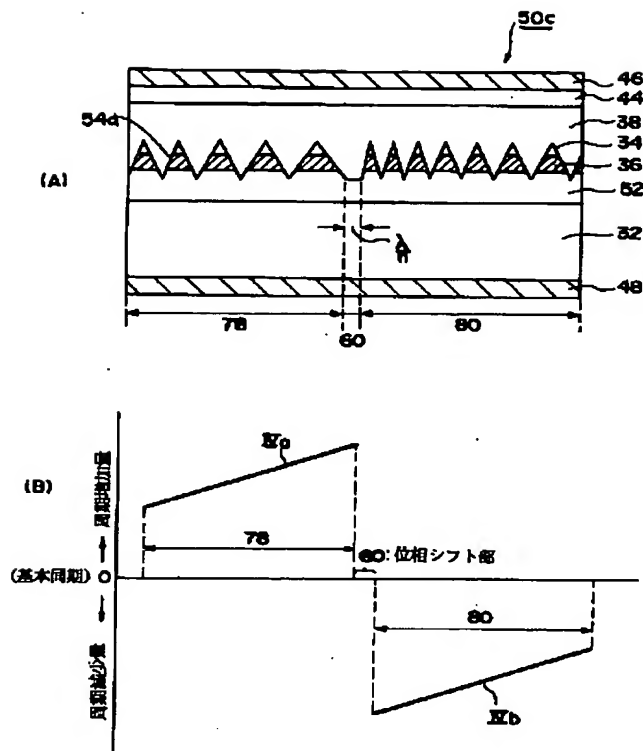
【図11】



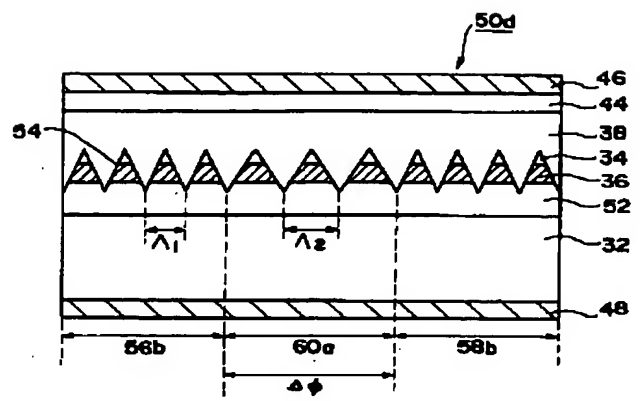
【図13】



【図12】



【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.